

## Depredación del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell), por fitoseidos depredadores

M. JUAN-BLASCO, M. J. VERDÚ, A. URBANEJA

Hasta la fecha, no existen prácticamente estudios acerca del papel de los fitoseidos como depredadores de ninfas móviles del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell). Los objetivos del presente trabajo fueron estudiar en laboratorio el desarrollo de tres de los fitoseidos más abundantes en los cítricos españoles, *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot), *Neoseiulus californicus* (McGregor) y *Typhlodromus phialatus* Athias-Henriot y del recientemente introducido en España, *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot alimentados exclusivamente de ninfas móviles de *A. aurantii* y además, estudiar en condiciones de semicampo las posibilidades de reducción de las poblaciones de *A. aurantii* mediante liberaciones inoculativas de *A. swirskii*.

Las hembras de *E. stipulatus* no fueron capaces de realizar la puesta alimentadas exclusivamente de ninfas móviles de *A. aurantii* mientras que las otras tres especies de fitoseidos sí. Los individuos descendientes de *N. californicus* no lograron alcanzar el estadio de protoninfa. Por el contrario, *T. phialatus* y *A. swirskii* completaron su desarrollo hasta adulto. En los experimentos de semicampo, se liberaron varias dosis de *A. swirskii* sobre plantones de clementinos. Una vez instalados sobre el plantón se procedió a su infestación con ninfas móviles de *A. aurantii*. Se observó una reducción significativa de la infestación de *A. aurantii* en los plantones sobre los cuales se había liberado *A. swirskii*.

M. JUAN-BLASCO, M. J. VERDÚ, A. URBANEJA. Centro Protección Vegetal y Biotecnología. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias; Ctra. Moncada-Náquera km. 4,5; E-46113-Moncada (Valencia). E-mail: aurbaneja@ivia.es

**Palabras clave:** *Euseius stipulatus*, *Neoseiulus californicus*, *Typhlodromus phialatus*, control biológico.

## INTRODUCCIÓN

La estrategia actual de control del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) reside en la aplicación de tratamientos químicos. Sin embargo, estos tratamientos no alcanzan la eficacia esperada, principalmente debido a la dificultad de localizar el momento idóneo de tratamiento, y por la asincronía de las generaciones presentes en campo que hace, que en un determinado momento, no todos los individuos se encuentren en el máximo de

formas sensibles. Además, la utilización indiscriminada de estos productos es agresiva contra la fauna útil (PASCUAL-RUIZ Y URBANEJA, 2006), puede ocasionar la proliferación de otras plagas y puede resultar en la aparición de resistencias en las poblaciones de *A. aurantii* (GRAFTON-CARDWELL *et al.*, 2004; MARTÍNEZ HERVÁS *et al.*, 2005). Además, lamentablemente el control biológico ejercido por la fauna autóctona presente en los campos de cítricos, aunque ayuda en gran medida a la regulación de las poblaciones de este fitófago, es generalmente

insuficiente, debido principalmente al bajo umbral de presencia en fruto permitido.

De cara a poder dar una solución más racional al control y manejo de *A. aurantii*, son varias las líneas de investigación en marcha y que son objeto de estudio en varios proyectos de investigación. Entre estas líneas destacan: las sueltas aumentativas de parasitoides del género *Aphytis* o la utilización de materias alternativas como son los aceites minerales. Este escenario invita a la búsqueda de nuevos enemigos naturales de *A. aurantii*. Una posible línea de investigación todavía no desarrollada en *A. aurantii* es el control biológico que pueden ejercer fitoseidos depredadores que se alimenten de ninfas móviles de *A. aurantii*. Sobre este fitófago se han encontrado enemigos naturales en la práctica totalidad de estadios ninfales (PINA, 2006), aunque es sobre su primer estadio ninfal móvil sobre el que menos información se posee.

Los ácaros fitoseidos juegan un papel fundamental en el control de tetraníquidos en los cítricos españoles (ABAD *et al.*, 2005a,b), aunque se desconoce prácticamente qué papel pueden estar realizando sobre otros fitófagos. Aunque pocas, existen citas de depredación de estos depredadores sobre *A. aurantii* y otros diaspídeos plaga. SAMWAYS (1985) cita la presencia de *Amblyseius citri* van der Merwe & Ryke (Acari: Phytoseiidae) y *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) depredando ninfas de primera edad de *A. aurantii* en cítricos surafricanos. SISCARO *et al.* (1999) cita *Typhlodromus cryptus* Athias-Henriot en cítricos de Sicilia. Estudios de laboratorio con fitoseidos del género *Amblyseius*, entre ellos con la especie *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae), muestran que son capaces de completar su desarrollo alimentándose de ninfas móviles de *A. aurantii* (KAMBUROV, 1971; SWIRSKI *et al.*, 1967, 1970). Fitoseidos de los géneros *Euseius*, *Typhlodromus*, *Kampidromus* y *Neoseiulus* también se han desarrollado en laboratorio sobre ninfas de primera edad de otros diaspídeos (SWIRSKI *et al.*, 1970; SCHAUSBERGER, 1998).

Por tanto, los objetivos del presente trabajo son estudiar el desarrollo de 3 especies de fitoseidos depredadores presentes en los cítricos españoles, *E. stipulatus*, *T. phialatus* y *N. californicus* y de la especie introducida recientemente en nuestro país, *A. swirskii*, cuando se alimentan exclusivamente de ninfas móviles de primera edad de *A. aurantii*. Además se estudiará la eficacia de sueltas inoculativas de *A. swirskii* en la fijación de ninfas móviles de *A. aurantii* en plantones de cítricos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Desarrollo de inmaduros sobre *A. aurantii*

Colonia de *A. aurantii*. Los individuos de *A. aurantii* utilizados en las experiencias de este trabajo procedían de la cría establecida en la Unidad de Entomología del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) según el método descrito por TASHIRO (1966) y modificado posteriormente por la Universidad de California Riverside (PINA, 2006). Dicha cría se inició en 1999 a partir de poblaciones obtenidas en campos de cítricos (variedad Navelina y Newhall) y clementinos (variedad de Nules) ubicadas en Alzira (Valencia).

Fitoseidos. Las crías de *T. phialatus* y *N. californicus* se llevaron a cabo en los laboratorios de la Unidad de Entomología del IVIA. Los individuos iniciales de *T. phialatus* de los cuales se iniciaron las crías se recogieron en limoneros situados en el IVIA. En el caso de *N. californicus*, los individuos iniciales procedían de huertos comerciales de clementinos localizados en la Plana de Castellón. Los individuos de *A. swirskii* necesarios para obtener la cohorte objeto de estudio procedieron directamente de crías comerciales en cautividad (SWIRSKI-MITE®; Koppert Biological Systems, S. L., Almería, España). Los individuos iniciales de *E. stipulatus* procedían directamente de una parcela de cítricos situada en Moncada (Valencia) que no había recibido tratamientos químicos durante los últimos 3 años.



**Material vegetal.** Todas las experiencias llevadas a cabo en este estudio se realizaron sobre hojas totalmente expandidas, de la última brotación, de plantones de clementino (*Citrus reticulata* Blanco) (*Citrus clementina*), cultivar Clementina de Nules (Clemenules Iniasel 22), injertado sobre *Citrangue carrizo* [*Poncirus trifoliata* (L.) Rafinesque-Schmaltz x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck] de 2 años de edad. Estos plantones se mantenían en un invernadero de cristal libre de plagas a  $22 \pm 2$  °C,  $55 \pm 10$  % HR y fotoperiodo natural situado en las instalaciones del IVIA.

**Unidad experimental (arena).** Todas las experiencias se llevaron a cabo en un incubador climático a  $25 \pm 1$  °C,  $80 \pm 5$  % HR y un fotoperiodo de 16:8 h (L:O). La unidad experimental consistió en la celda Huffaker

modificada (OVERMEER, 1985; SABELIS, 1981) (Figura 1). Esta celda constaba de dos placas de PVC, una inferior de 80 x 40 x 5 mm y una superior de 80 x 40 x 10 mm con un agujero central de 2 cm de diámetro (Figura 1A). Sobre la placa inferior se colocó un papel de filtro y sobre éste la hoja de clementino, con el envés hacia arriba. A continuación se colocaba la placa superior y se sellaba a la hoja mediante plastilina (Plastilina Jovi®; JOVI, S. A., Barcelona, España). Ambas placas se unían mediante gomas elásticas (Figura 1C) y el agujero de la placa superior se cubría con una tapa de cristal transparente (40 x 35 mm) sellada a la placa superior con cinta adhesiva invisible (Scotch® Magic™ 19mm x 33mm; 3M, Cergy Pontoise, Francia) (Figura 1D). De esta

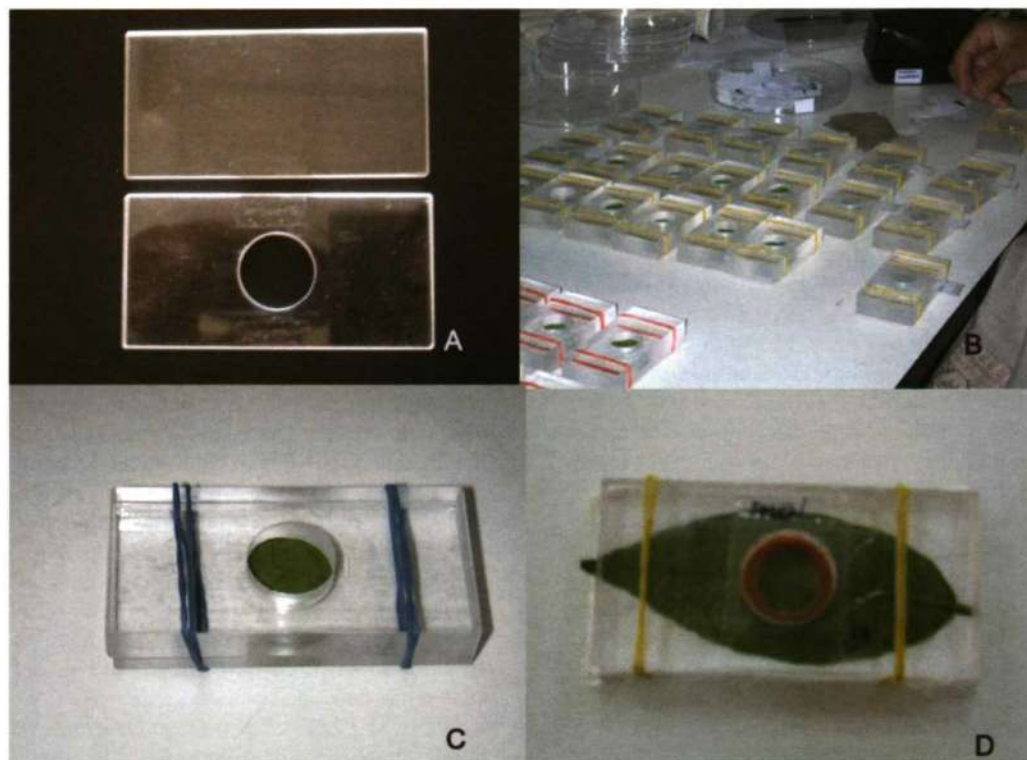


Figura 1. Montaje de celdas Huffaker modificadas. A) Placa inferior y superior de PVC. B) Preparación de las arenas. C) Placa inferior y superior unidas mediante gomas elásticas. D) Aspecto final de la arena utilizada.

forma se evitaban en gran medida los escapes a la vez que se permitía una fácil observación de los individuos bajo lupa binocular. Al iniciar los ensayos se colocaba en cada celda un número no inferior a 10 ninfas móviles de *A. aurantii* (único estadio móvil) obtenidas de los limones de la cría. Posteriormente se introducía en cada arena una hembra del fitoseido correspondiente a estudiar, para permitir la puesta y de esta manera obtener los huevos con los que iniciar la cohorte. Diariamente se quitaban las ninfas depredadas, muertas o fijadas y se renovaban las ninfas móviles de *A. aurantii*. De este modo los fitoseidos siempre disponían de *A. aurantii* en su estadio móvil.

**Supervivencia y desarrollo del ciclo biológico.** Para la obtención de la cohorte de huevos, a partir de la cual se realizó el estudio de desarrollo, se aislaron en las celdas tal como se ha descrito anteriormente 18 hembras de *T. phialatus* y 13 hembras de *N. californicus* tomadas de las crías, 32 hembras de *A. swirskii* tomadas directamente de la cría comercial y 10 hembras de *E. stipulatus* cogidas directamente de campo. Dichas hembras se observaron cada 8 horas hasta la obtención de huevos. Las observaciones se realizaron durante un máximo de 7 días en función de la especie. Estos huevos fueron aislados individualmente en nuevas celdas y se observaron cada 24 horas anotando su estado hasta alcanzar el estado adulto o la muerte. Los cambios de estado se confirmaron mediante la localización de la exuvia correspondiente (además de por el aumento en un par de patas en el paso de larva a protoninfa). Con estos valores se estimaron la duración y supervivencia de los distintos estados de desarrollo.

**Análisis de datos.** La duración del ciclo biológico se sometió a un análisis de varianza de un solo factor y se utilizó el test de Tukey para la separación de medias ( $P < 0,05$ ) (SPSS, 1999). En el caso de la duración del estado de huevo, debido al no cumplimiento de las hipótesis de normalidad y homogeneidad de varianzas se realizó la transformación de datos  $\ln(x)$ . Los

valores para esta variable se expresan sin transformar.

### Eficacia de sueltas inoculativas

**Condiciones.** El estudio de la eficacia de *A. swirskii* se realizó en el interior de una cámara climática visitable en el Laboratorio de Alta Seguridad Biológica de Cuarentena de insectos situada en el IVIA. Las condiciones climáticas de estas experiencias fueron  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $65 \pm 5\%$  de humedad relativa. El fotoperiodo fue de 16:8 h (L:O) y se utilizaron 9 lámparas de 1200 lux cada una (Figura 2).

**Material vegetal.** Todos los ensayos se llevaron a cabo sobre plantones de clementino de dos años de edad de la variedad clemenules injertados sobre *C. carrizo*. Previamente a su utilización los plantones se prepararon para las experiencias eliminando manualmente las ramas y hojas en mal estado e intentando homogeneizarlos tanto en altura como en densidad foliar. Cada maceta se depositó sobre un ladrillo, cuya mitad inferior estaba inmersa en un plato de plástico de 25 cm de diámetro relleno de agua y jabón. Además, en los plantones donde se liberó *A. swirskii* se colocó un aislamiento adicional consistente en una bandeja de 48 x 41 x 8 cm también repleta de agua y jabón. De este modo, y separando los plantones entre sí, se consiguió evitar el escape y trasvase de fitoseidos entre plantones (Figura 2B).

**Fitoseidos.** Los individuos de *A. swirskii* liberados en las distintas experiencias procedieron de crías en cautividad comercializadas por la empresa Koppert Biological Systems S.L. (Almería, España). Se ensayaron dos formulaciones comerciales: en sobre y en bote.

**SWIRSKI-MITE PLUS®.** Su presentación es en sobres de papel con gancho. Dichos sobres contienen 250 *A. swirskii* mezclados con salvado. Estos sobres disponen en su parte superior de un orificio a través del cual se produce la salida de los ácaros.

**SWIRSKI-MITE®.** Su presentación es en botella de plástico de 1.000 ml. Cada botella contiene 12.500 *A. swirskii* mezclados con salvado. Los fitoseidos se liberaron median-





Figura 2. A) Infestación de *A. aurantii* y suelta de *A. swirskii* en sobre. B) Disposición de los plantones en la cámara. C) Cajas de liberación utilizadas y D) Detalle del limón con madres de *A. aurantii*.

te el uso de cajas de liberación de cartón (D-box) que se colgaron en cada plantón.

**Colonia de *A. aurantii*.** Las poblaciones de *A. aurantii* empleadas se obtuvieron de la cría de *A. aurantii* sobre limones establecida en el IVIA y descrita anteriormente. Se seleccionaron limones que habían sido infestados de *A. aurantii* aproximadamente 45 días antes. De este modo los limones utilizados se encontraban repletos de madres de *A. aurantii* en plena producción de ninfas móviles.

**Metodología.** Las experiencias se iniciaron con la liberación y establecimiento de los fitoseidos en los plantones. Para ello, previamente a la liberación de los fitoseidos, los plantones se espolvorearon con polen de *Typha* spp. (Typhales: Typhaceae) para proveer a los fitoseidos de un alimento alternativo hasta la infestación de ninfas de primera edad de *A. aurantii*. Se realizaron 2 experimentos en función del tipo de suelta, sobre o bote. En cada

una de las experiencias se sortearon al azar los tratamientos ensayados. Se incluyó en todos los ensayos un tratamiento control, sin suelta de fitoseidos, y se realizaron 4 repeticiones por cada tratamiento.

En la primera experiencia se colgó de cada plantón del tratamiento con suelta un sobre de SWIRSKI-MITE PLUS® (Figura 2A). La infestación con ninfas de *A. aurantii* se realizó 7 días tras colgar el sobre de *A. swirskii*. Dicha infestación consistió en poner en contacto los limones con madres de *A. aurantii* produciendo ninfas móviles con el plantón (Figura 2D). El tiempo durante el cual se mantuvo el contacto entre el limón y el plantón fue de 6 horas. De esta manera se consiguió que las ninfas móviles se pasaran al plantón en busca de un lugar donde fijarse.

En la segunda experiencia, se ensayaron tres tratamientos: un control y dos dosis distintas de liberación de *A. swirskii*. En los trata-

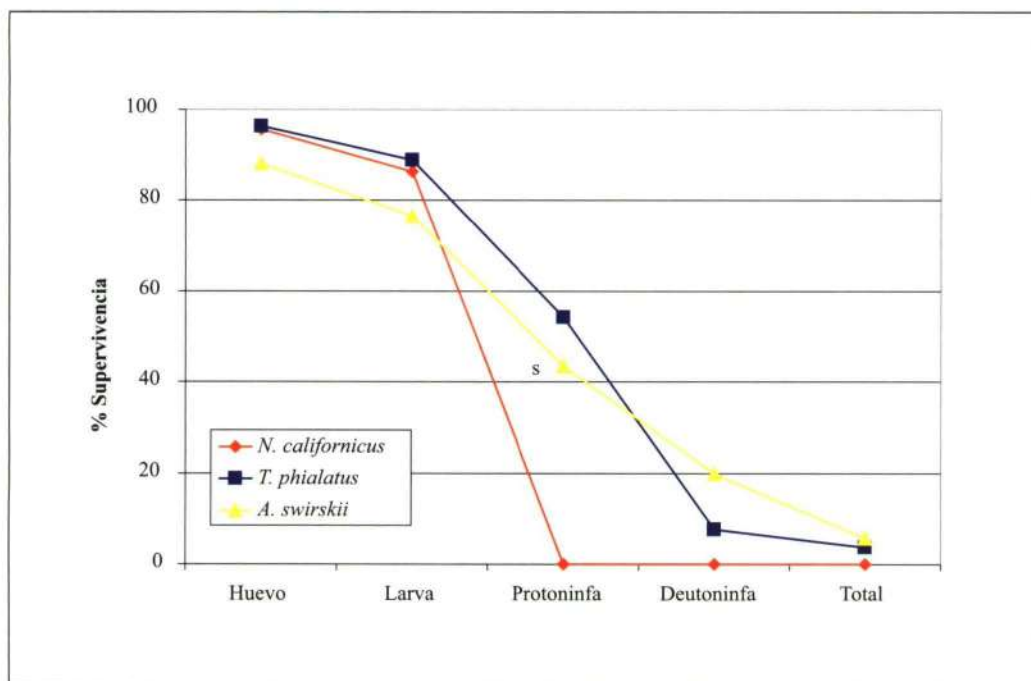


Figura 3. Supervivencia (%) de los estados inmaduros de *N. californicus*, *T. phialatus* y *A. swirskii* alimentados con ninfas móviles de *A. aurantii*. El número inicial de repeticiones por fitoseido fue de 35 huevos para *T. phialatus* y *A. swirskii* y de 25 para *N. californicus*.

mientos con suelta de *A. swirskii*, dicha liberación consistió en dosificar en cajas de liberación (Figura 2C), 100 y 200 fitoseidos para la dosis baja y alta, respectivamente, a partir del formulado en botella SWIRSKI-MITE®. En esta experiencia la infestación de ninfas móviles de *A. aurantii* se realizó 3 días después de la liberación de los fitoseidos y se mantuvo el limón en contacto con el plantón 3,5 horas.

**Evaluación.** Tras 17 días desde la infestación con ninfas de primera edad de *A. aurantii* se procedió a la evaluación de las experiencias. Para ello, se cortaron los plantones y se llevaron a laboratorio donde, bajo lupa binocular, se procedió a contar el número de cochinillas fijadas en cada plantón. Además, en la segunda experiencia, se contó el sustrato vegetal sobre el que se habían fijado las cochinillas (rama, brote y hoja). Con estos valores se procedió a calcular el porcentaje de reducción respecto al control (ABBOTT, 1925).

**Análisis de datos.** Para determinar las diferencias existentes entre tratamientos para cada una de las tres experiencias se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con  $P < 0,05$ . En la experiencia con dos dosis de suelta para conocer las diferencias entre los 3 tratamientos se aplicó el test de comparación de medias de Tukey. Previa a la realización de los análisis de varianza (ANOVA) se constató el cumplimiento para cada caso de la homogeneidad de varianzas (homocedasticidad) mediante un test de Levene y la normalidad de los valores mediante la representación en gráficas de probabilidad.

## RESULTADOS

### Desarrollo de inmaduros sobre *A. aurantii*

Las hembras de *E. stipulatus* no fueron capaces de realizar la puesta en las arenas



Cuadro 1. Duración del ciclo biológico ( $d \pm ES$ ) de *A. swirskii*, *N. californicus* y *T. phialatus* alimentados con ninfas móviles *A. aurantii*.

	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Total
<i>A. swirskii</i>	1,8 $\pm$ 0,1b (n=30)	1,0 $\pm$ 0,1a (n=23)	4,1 $\pm$ 0,3a (n=14)	3,8 $\pm$ 1,9 (n=2)	9,6 $\pm$ 2,1 (n=2)
<i>N. californicus</i>	1,6 $\pm$ 0,2b (n=22)	0,8 $\pm$ 0,1a (n=19)	-	-	-
<i>T. phialatus</i>	2,9 $\pm$ 0,2a (n=27)	0,8 $\pm$ 0,1a (n=24)	4,3 $\pm$ 0,4a (n=11)	1,0 $\pm$ 0,0 (n=1)	9,5 $\pm$ 0,0 (n=1)

Entre filas valores seguidos de la misma letra no presentan diferencias estadísticas (ANOVA; Tukey;  $P < 0,05$ ).

donde se les ofreció ninfas de primer estadio de *A. aurantii*. Por el contrario, las otras tres especies de fitoseidos ensayadas si que pusieron huevos. Solamente *A. swirskii* y *T. phialatus* fueron capaces de desarrollar la totalidad de su ciclo biológico alimentándose exclusivamente de ninfas de *A. aurantii*. Sin embargo, la supervivencia de estas especies, fue baja, siendo capaces de alcanzar el estado adulto tan sólo el 5,9% y el 3,6% de huevos de *A. swirskii* y *T. phialatus* (Figura 3). El tiempo necesario de desarrollo desde huevo hasta adulto de ambas especies fue de 9,5 días aproximadamente (Cuadro 1). La duración del estado de huevo fue distinto entre las tres especies ( $gl = 2,78$ ;  $F = 18,099$ ;  $P < 0,0001$ ), siendo mayor para *T. phialatus* que para *N. californicus* y *A. swirskii*. No se pudo observar larvas de ninguna de las tres especies alimentándose de ninfas de *A. aurantii*. La duración del estado de larva ( $\approx 1d$ ) no presentó diferencias significativas entre especies ( $gl = 2,65$ ;  $F = 1,570$ ;  $P = 0,216$ ). Sin embargo, desde el estado de protoninfa, tanto *A. swirskii* como *T. phialatus* depredaron activamente ninfas de *A. aurantii* (Figura 4). La duración del estado de protoninfa para ambas especies se situó en torno a 4,2 d, no presentando tampoco diferencias significativas ( $gl = 1,24$ ;  $F = 0,223$ ;  $P = 0,641$ ). La supervivencia de las protoninfas se redujo hasta un 43% y un 54% para *A. swirskii* y *T. phialatus*, respectivamente. Ninguna de las 19 larvas de *N. californicus* que mudaron a protoninfa fueron capaces de sobrevivir. De hecho, y contrariamente a lo

observado con *A. swirskii* y *T. phialatus*, no se pudo observar ninguna protoninfa alimentándose de *A. aurantii*.

De las 10 deutoninfas de *A. swirskii* y las 13 de *T. phialatus*, solamente 2 y 1 fueron capaces de sobrevivir hasta adulto. Por tanto, la supervivencia de este estado se redujo hasta un 20 y 7,7% para *A. swirskii* y *T. phialatus*, respectivamente. Las dos deutoninfas de *A. swirskii* completaron en 3 días aproximadamente el estado de deutoninfa, mientras que la única deutoninfa de *T. phialatus* empleó tan sólo 1 día.

### Eficacia de sueltas inoculativas

**Experiencia 1: Suelta con sobres.** El número de cochinillas fijadas fue estadísticamente menor en el tratamiento con *A. swirskii* que en el control ( $gl = 1-7$ ;  $F = 7,551$ ;  $P = 0,033$ ) (Figura 5). El porcentaje de reducción respecto al control fue del 36%.

**Experiencia 2: Suelta en cajas de liberación.** El número de *A. aurantii* fijada entre tratamientos fue distinto estadísticamente ( $gl = 1-9$ ;  $F = 8,386$ ;  $P = 0,014$ ). La dosis alta fue distinta del tratamiento control, mientras que la dosis baja no llegó a ser distinta que el control ni de la dosis alta (Figura 6A). La suelta de *A. swirskii* provocó una reducción en la infestación de *A. aurantii* respecto al control del 25% para la dosis baja y del 54%, para la dosis alta. Cuando se analizaron los resultados en función del sustrato de fijación de *A. aurantii*, no se encontraron diferencias significativas en hoja ( $gl = 1-9$ ;  $F = 1,254$ ;  $P = 0,342$ ) aunque sí en rama ( $gl = 1-9$ ;  $F =$



Figura 4. Deutoninfa de *A. swirskii* alimentándose de una ninfa móvil de *A. aurantii*.

9,214;  $P = 0,011$ ) y en brote ( $g.l. = 1-9$ ;  $F = 13,451$ ;  $P = 0,004$ ) (Figura 6B). En rama los tratamientos con *A. swirskii* redujeron el número de *A. aurantii* fijadas respecto al control en 27% y 52% para la dosis baja y alta, respectivamente. En brote el porcentaje de reducción alcanzó el 75% para la dosis baja y 92% para la dosis alta.

## DISCUSIÓN

En el presente trabajo se ha comprobado como dos especies de fitoseidos, *T. phialatus* y *A. swirskii*, han sido capaces de completar la totalidad de su ciclo biológico alimentándose exclusivamente de ninfas de primer estadio de *A. aurantii*. *Amblyseius swirskii* había sido citado previamente como depredador de *A. aurantii* (SWIRSKI *et al.*, 1967). Sin embargo, para nuestro conocimiento, el presente trabajo es la primera cita de *T. phialatus* depredando *A. aurantii*.

En nuestro trabajo, tan solo el 5,9% de *A. swirskii* consiguió llegar a adulto alimentándose de *A. aurantii*. SWIRSKI *et al.* (1967) en estudios de laboratorio realizados a 25-27°C y una humedad del 60%, obtuvo un 38,2% de supervivencia de huevo a adulto para *A. swirskii* sobre hojas de limón, alimentando a los fitoseidos con ninfas de primera edad de *A. aurantii* procedentes directamente del campo como dieta exclusiva. Además, les proporcionó agua *ad libitum* mediante un dispositivo basado en una mecha absorbente. En este trabajo se cita que el origen de los individuos de *A. aurantii* empleados en los ensayos es un factor importante en los resultados de mortalidad de *A. swirskii*. De hecho, SWIRSKI *et al.* (1967) afirma que las ninfas procedentes de crías masivas en laboratorio son un alimento de baja calidad en comparación con ninfas procedentes de campo para *A. swirskii*. Esta razón, junto con la adición de agua podrían ser las causas de las diferen-



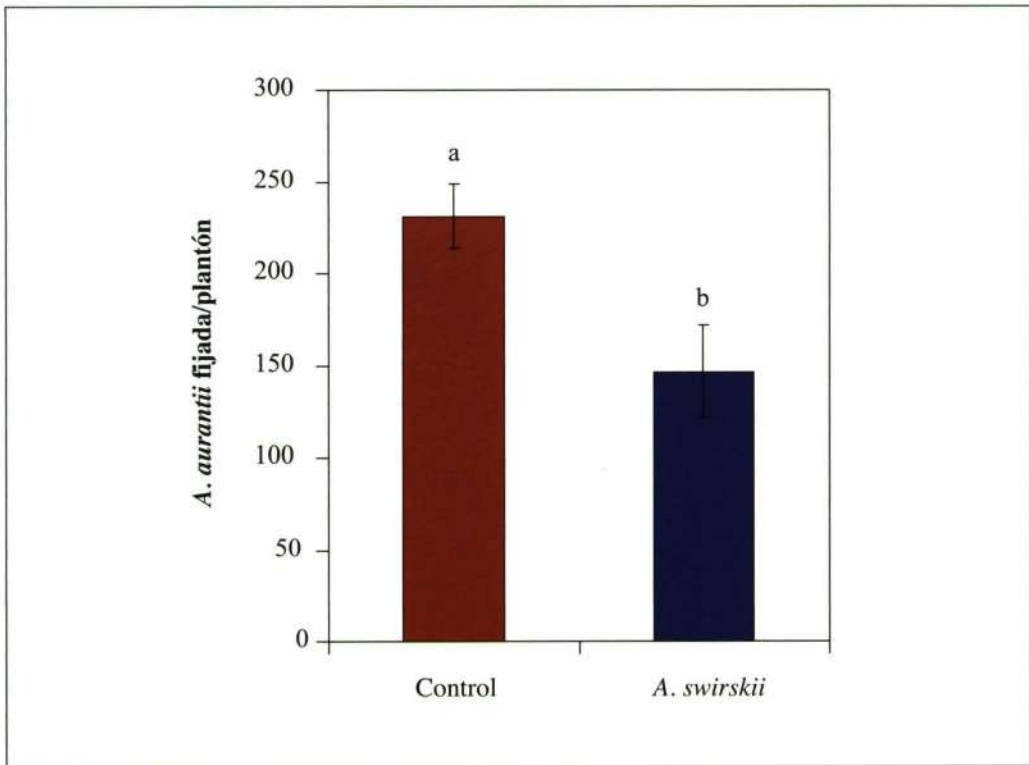


Figura 5. Número de *A. aurantii* fijada por plantón ( $X \pm ES$ ) en los dos tratamientos de la experiencia de liberación con sobre (ANOVA; Tukey;  $P < 0.05$ ). En el tratamiento con *A. swirskii* se colgó por plantón un sobre con 250 *A. swirskii*.

cias obtenidas entre SWIRSKI *et al.* (1967) y los resultados del presente trabajo.

Ni *N. californicus* ni *E. stipulatus* fueron capaces de desarrollarse sobre *A. aurantii*. Además, no se pudo observar ningún individuo, tanto de *N. californicus* como de *E. stipulatus*, alimentándose sobre ninfas de primera edad de *A. aurantii*. Sin embargo, SWIRSKI *et al.* (1970), obtuvo un porcentaje relativamente elevado de supervivencia tanto para *N. californicus* (88,9%) como para una especie del género *Euseius*, *E. hibisci* (78,2%). En este ensayo SWIRSKI *et al.* (1970) ofreció ninfas de primera edad de *A. aurantii* sobre hoja de limón, y le proporcionó agua del modo descrito anteriormente. Por tanto, las mismas razones aludidas en el caso de *A. swirskii* podrían ser las razones de

las diferencias en la supervivencia obtenida. Sería necesaria más investigación para conocer el papel e influencia de la adición de agua en este tipo de estudios, así como la influencia de la procedencia de las ninfas suministradas y la presencia o no de polen y presas alternativas como alimento.

Tan solo otras dos especies de fitoseidos han sido citadas depredando ninfas de *A. aurantii*: *Amblyseius rubini* Swirski y Amitai (SWIRSKI *et al.*, 1967) y *Amblyseius largoensis* Muma (KAMBUROV, 1971). Empleando la misma metodología descrita anteriormente, SWIRSKI *et al.* (1967) obtuvo un porcentaje de supervivencia de huevo a adulto del 71,4 % para *A. rubini* y las hembras fueron capaces de poner una media de 0,48 huevos/hembra/día. KAMBUROV (1971) obtuvo una pue-

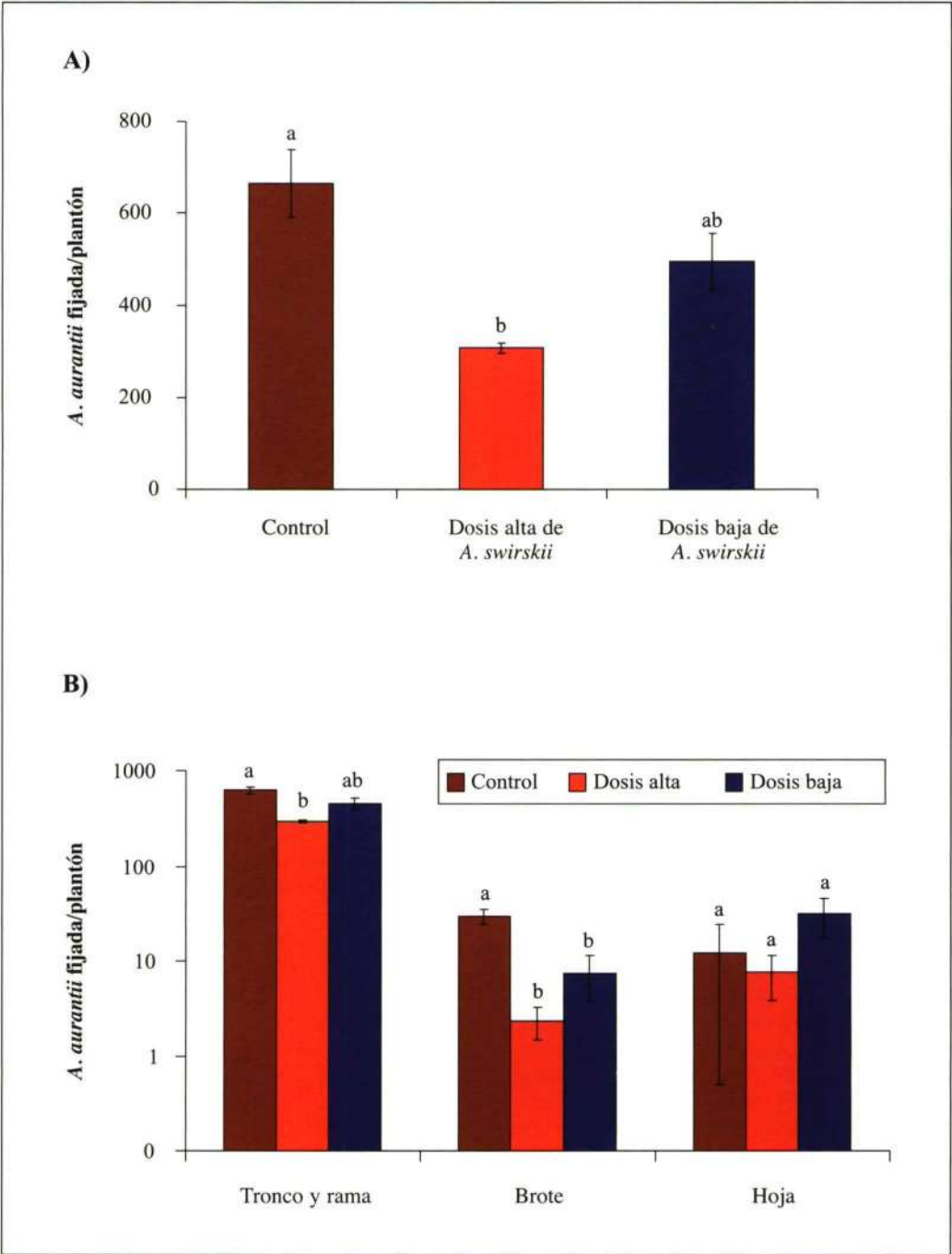


Figura 6. Número ( $X \pm ES$ ) de *A. aurantii* fijada por plantón (A) y fijada en ramas, brotes y hojas por plantón (B) en los tres tratamientos de la experiencia con liberación con cajas. En los tratamientos con *A. swirskii* se liberaron 200 y 100 *A. swirskii* para las dosis alta y baja respectivamente (ANOVA; Tukey;  $P < 0,05$ ).



ta diaria para *A. largoensis* de 0,67 huevos/hembra/día, suministrándole ninfas de primera edad de *A. aurantii* procedente de una cría en cautividad sobre calabacín, adicionando agua y sin aporte de polen. Además, *A. largoensis* completó su desarrollo en 6,5 días, periodo significativamente más breve que el obtenido en nuestro trabajo por *T. phialatus* y por *A. swirskii* que ha sido aproximadamente de 9,5 días, para ambas especies. Los valores de duración del ciclo obtenidos para *T. phialatus* (9,5d) se encuentran dentro de los registros obtenidos por otros autores sobre otras presas o alimentos (FERRAGUT *et al.*, 1987). Sin embargo, los valores obtenidos para *A. swirskii* en el presente trabajo sobre *A. aurantii* son algo mayores que los obtenidos sobre otras presas. NOMIKOU (2003) obtuvo una duración del ciclo de 6 días sobre ninfas de primera edad de *B. tabaci* y de 6,5 días sobre polen de *Typha* spp.

*Typhlodromus phialatus* está citado en los cítricos españoles como un depredador de hábitos alimenticios generalistas que suele alimentarse de varias especies de ácaros y polen (FERRAGUT *et al.*, 1985). SISCARO *et al.* (1999) cita a otra especie del género *Typhlodromus*, *T. cryptus* Athias-Henriot como depredador de *A. aurantii* en los cítricos italianos. Por tanto, podría ser que *T. phialatus* se encuentre depredando en condiciones de campo a este diaspírido.

A partir de los resultados obtenidos en laboratorio, hubiera sido interesante el realizar los ensayos de semicampo con las dos especies que fueron capaces de alimentarse en laboratorio, *A. swirskii* y *T. phialatus*. Sin embargo, tan solo fue posible con *A. swirskii* gracias a su disponibilidad comercial. En semicampo se intentó conocer si la liberación de este fitoseido era capaz de reducir la infestación de *A. aurantii* frente a un control donde no se liberara. La dosis de liberación de 200 fitoseidos por árbol resultó en un porcentaje de reducción del 54% de la infestación de *A. aurantii*. Además, cuando se analizaron los porcentajes

de reducción por estratos de fijación, se llegó a alcanzar un 92% en brotes. Para nuestro conocimiento es la primera vez que se obtienen resultados tan positivos sobre ninfas de primera edad de *A. aurantii* mediante el empleo de enemigos naturales. Sin embargo, son varios los pasos todavía a investigar antes de recomendar su uso. Aunque *A. swirskii* se ha liberado ampliamente en cultivos hortícolas (CALVO Y BELDA, 2006; CALVO *et al.*, 2006), se trata de una especie exótica para los cítricos españoles. Por tanto, entre otros condicionantes biológicos y legales antes de usarlo en los cítricos españoles, sería necesario conocer las posibilidades de la fauna autóctona. En este sentido sería urgente realizar las experiencias de semicampo con *T. phialatus*, de cara a conocer si es capaz de alcanzar los mismos niveles de eficacia.

En resumen, son varios los interrogantes todavía a resolver para poder conocer las posibilidades de mejora de control de *A. aurantii* en cítricos mediante la potenciación de fitoseidos depredadores. Aunque a partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo sería de esperar que en estrategias inoculativas en cítricos tanto *T. phialatus* como *A. swirskii* pudieran controlar las poblaciones de este fitófago es urgente conocer su capacidad de búsqueda y aclimatación en árboles adultos, su acción sobre *A. aurantii* en presencia de presas alternativas o la competencia intragremial tras su liberación en un agroecosistema donde el fitoseido más abundante es *E. stipulatus*.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el MEC (Nº proyecto: AGL2005-07155-C03-02/AGR). Los autores agradecen la colaboración de Raquel Abad, Pilar Vanaclocha y Tatiana Pina del IVIA por la ayuda y colaboración prestada durante el curso del trabajo. A Javier Calvo y Jose E. Belda de Koppert Biological Systems SL por el suministro de *A. swirskii*.

## ABSTRACT

JUAN-BLASCO, M., M. J. VERDÚ, A. URBANEJA. 2008. Predation of the California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), by predatory mites. *Bol. San. Veg. Plagas*, **34**: 187-199.

For our knowledge, there are few studies about the role of phytoseiids (Acari: Phytoseiidae) preying on *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) crawlers. The aims of the present work were to study in laboratory the development of three of the most abundant phytoseiids in citrus in Spain, *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot), *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Typhlodromus phialatus* Athias-Henriot, and of the recently introduced and released in Spain, *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, feeding exclusively on *A. aurantii* crawlers. Furthermore, the ability of *A. swirskii* to reduce *A. aurantii* infestation on young citrus plants was studied under semi-field conditions by means of augmentative releases of this phytoseiid.

Females of *E. stipulatus* were the only phytoseiid species tested which were not able to lay eggs on this prey. The progeny of *N. californicus* were not able to reach the protonymphal stage. On the other hand, *T. phialatus* and *A. swirskii* completed their development, from egg to adult preying exclusively on this prey. In the semi-field experiments, several doses of *A. swirskii* were tested. Once the phytoseiids were installed on the young trees, an artificial infestation of *A. aurantii* crawlers was promoted in each citrus plant. A significant reduction of *A. aurantii* infestation was observed on those trees where *A. swirskii* was previously released.

**Key words:** *Euseius stipulatus*, *Neoseiulus californicus*, *Typhlodromus phialatus*, biological control.

## REFERENCIAS

- ABAD, R., CASTAÑERA, P., JACAS, J., URBANEJA, A. 2005a. Ácaros en cítricos y sus enemigos naturales (I). *Terralia*, **51**: 34-40.
- ABAD, R., CASTAÑERA, P., JACAS, J., URBANEJA, A. 2005b. Ácaros en cítricos y sus enemigos naturales (II). *Terralia*, **52**: 42-48.
- ABBOTT, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, **18**: 265-267.
- CALVO, J., BELDA, J. E. 2006. Comparación de estrategias de control biológico de *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) en pimiento en condiciones de semicampo. *Bol. San. Veg. Plagas*, **32**: 297-311.
- CALVO, J., FERNÁNDEZ, P., BOLCKMANS, K., BELDA, J. E. 2006. *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as a biological control agent of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Hom.: Aleyrodidae) in protected sweet pepper crops in Southern Spain. *IOBC/WPRS Bull.* **29** (4): 77-82.
- FERRAGUT, F., COSTA-COMELLES, J., GÓMEZ-BERNARDO, E., GARCÍA-MARÍ, F. 1985. Contribución al conocimiento de los ácaros fitoseidos (Gamasida: Phytoseiidae) de los cultivos españoles. *Actas do II Congr. Ibérico de Entomol. Lisboa*, Junio 1985, **2**: 223-231.
- FERRAGUT, F., GARCÍA-MARÍ, F., COSTA-COMELLES, J., LABORDA, R. 1987. Influence of food and Temperature on Development and Oviposition of *Euseius stipulatus* and *Typhlodromus phialatus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. App. Acarol.*, **3**: 317-329.
- GRAFTON-CARDWELL, E. E., OUYANG, Y., STRIGGOW, R. A., CHRISTIANSEN, J. A., BLACK, C. S. 2004. The role of esterase enzymes in monitoring for resistance of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae) to organophosphate and carbamate insecticides. *J. Econ. Entomol.*, **97**(2): 606-613.
- KAMBUROV, S. S. 1971. Feeding, development, and reproduction of *Amblyseius largoensis* on various food substances. *J. Econ. Entomol.*, **64**: 643-648.
- MARTÍNEZ HERVÁS, M. A., SOTO, A., GARCÍA-MARÍ, F. 2005. Prospección de la eficacia de Clorpirifos en poblaciones del cóccido *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae) en parcelas de cítricos de la Comunidad Valenciana. *Levante Agrícola*, **375**: 176-182.
- NOMIKOU, M. 2003. Combating whiteflies: Predatory mites as a novel weapon. Tesis doctoral. Universidad de Amsterdam. Holanda. 156 pp.
- OVERMEER, W. P. J. 1985. Rearing and handling. pp: 161-169. En: Helle, W. y Sabelis M. W. (Eds.) *Spider mites: Their biology, natural enemies and control*. Volumen 1B. Elsevier. Amsterdam.
- PASCUAL-RUIZ, S., URBANEJA, A. 2006. Lista de efectos secundarios de plaguicidas sobre fauna útil en cítricos. *Levante Agrícola*, **380**: 186-191.
- PINA, T. 2006. Control biológico del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) y estrategias reproductivas de su principal enemigo natural *Aphytis chrysomphali* (Mercet) (Hymenoptera: Aphelinidae). Tesis doctoral. Departamento de Zoología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Valencia. 384 pp.



- SABELIS, M. W. 1981. Biological control of two-spotted spider mites using phytoseiid predators. Part I: modelling the predator-prey interaction at the individual level. Agricultural Research Reports. Pudoc, Wageningen. 242 pp.
- SAMWAYS, M. J. 1985. Relationships between red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae), and its natural enemies in the upper and lower parts of citrus trees in South Africa. *Bull. Entomol. Res.*, **75**: 379-393.
- SCHAUSBERGER, P. 1998. Survival, development and fecundity in *Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri* and *Kampimodromus avernas* (Acari, Phytoseiidae) feeding on the San José scale *Quadraspidiotus perniciosus* (Coccinea, Diaspididae). *J. Appl. Entomol.*, **122**: 53-56.
- SISCARO, C., LONGO, S., LIZZIO, S. 1999. Ruolo degli entomofagi di *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera, Diaspididae) in agrumeti siciliani. *Phytophaga*, **IX Supplemento**: 41-52.
- SPSS, 1999. SPSS Manual del usuario, versión 10.0 para Windows 98. SPSS, Chicago, IL. 581 pp.
- SWIRSKI, E., AMITAI, S., DORZIA, N. 1967. Laboratory studies on the feeding, development and reproduction of the predaceous mites *Amblyseius rubini* Swirskii and Amitai and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. *Israel Journal Agricultural Research*, **17**: 101-119.
- SWIRSKI, E., AMITAI, S., DORZIA, N. 1970. Laboratory studies of the feeding habits, post-embryonic survival, and oviposition of the predaceous mites *Amblyseius chilensis* Dosse and *Amblyseius hibisci* Chant (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. *Entomophaga*, **15**: 93-106.
- TASHIRO, H. 1966. Improved laboratory techniques for rearing California red scale on lemons. *Environ. Entomol.*, **59**: 604-608.

(Recepción: 29 noviembre 2007)

(Aceptación: 6 mayo 2008)